20717/p

78505

I.

Ueber den Gasaustausch beim Athmungsprocesse, und insbesondere über Valentin's Anwendung des Diffusionsgesetzes,

von

Dr. **F. C. Donders**,
Ausserordentlichem Professor der Medizin an der Universität zu Utrecht.

In den letzteren Jahren wurde unsere Kenntniss hinsichtlich des Chemismus der Respiration durch mehre wichtige Beiträge bereichert. Unter denselben nehmen die zum Theil in Verbindung mit *Brunner* angestellten Untersuchungen *Valentin's* [1]) eine erste Stelle ein, indem bei diesen nichts versäumt wurde, um den Analysen der Ausathmungsluft die möglichste Vollkommenheit zu ertheilen.

Aus diesen Untersuchungen glaubten *Valentin* und *Brunner* folgern zu können, dass der Sauerstoff und die Kohlensäure sich beim Athmen, rücksichtlich ihrer Volumina, im umgekehrten Verhältnisse der Quadratwurzeln ihrer Dichtigkeit, — also genau nach dem *Graham*'schen Diffusionsgesetze, — austauschen, so dass für 100 Vol. Kohlensäure, welche wir aushauchen, immer genau 117, 421 Vol. Sauerstoff absorbirt würden.

---

1) Im Archiv für physiologische Heilkunde. 2. Jahrg. 1843. S. 373; und Lehrbuch der Physiologie von *Valentin*. B. I.

[Düsseldorf. 1848]

Diese Folgerung wurde schon so vielfach und gründlich bekämpft, dass es beim ersten Anblick fast überflüssig scheinen könnte, dieselbe auf's Neue zu prüfen und zu widerlegen. Dennoch glaubte ich, es könnte dies seine nützliche Seite haben. Hat sich doch die Kritik in Deutschland fast ausschliesslich zu zeigen bemüht, dass die physischen Bedingungen für die Anwendung des *Graham*'schen Diffusionsgesetzes beim Athmungsprocesse durchaus fehlen, ohne die bei den Untersuchungen erhaltenen Zahlen, auf welche *Valentin* sich stützt, und welche er neuerdings durch eine neue Versuchsreihe vermehrte, mit hinreichenden Gründen zu bekämpfen.

Ich glaube behaupten zu können, dass das Volumverhältniss zwischen dem aufgenommenen Sauerstoff und der ausgehauchten Kohlensäure unter verschiedenen Umständen nothwendig verschieden sein muss, und dass gerade die Untersuchungen *Valentin's* ein solches inconstantes Verhältniss am deutlichsten nachweisen.

Einleitung.

Ich erlaube mir eine kurze Erörterung unseres Standpunktes vor den Untersuchungen *Valentin's*.

Die meisten und namentlich die besten früheren Forscher *(Gay-Lussac, Dulong, Despretz)* hatten bei ihren Untersuchungen das Volumen absorbirten Sauerstoffes bereits immer grösser gefunden als das der ausgehauchten Kohlensäure. Sie fanden aber keinesweges ein constantes Verhältniss zwischen beiden, sondern lieferten vielmehr schon ein brauchbares Material, um zu einer deutlichen Einsicht in die Gründe dieser Inconstanz zu gelangen.

Zumal die *Dulong*'schen (dieses durch besondere Genauigkeit so ausgezeichneten Physikers) dürfen schon desswegen hier nicht unerwähnt bleiben, und dieses um so weniger, als seine Resultate, wie ich sehe, überall unvollständig und grösstentheils unrichtig angegeben sind [1]). Dulong selbst formulirt dieselben auf folgende Weise: „Dans

1) Die bereits im Jahr 1822 in der Pariser Academie vorgelesene und in mehren Zeitschriften im Auszug mitgetheilte Abhandlung *Dulong's:* Mémoire sur la chaleur animale, wurde erst im Jahr 1842 in den Mémoires de l'académie royale des Sciences de l'Institut de France, T. XVIII, p. 327 abgedruckt.

„toutes mes observations, qui s'accordent en cela avec celles de M. „*Gay-Lussac*, le volume de l'oxygène qui a disparu est plus grand „que celui de l'acide carbonique produit. L'excès du volume de „l'oxygène absorbé sur celui de l'acide carbonique fait, terme moyen, „le $^1/_{10}$ de ce dernier, et ne s'élève jamais au $^1/_5$ pour les lapins, „les cabiais et les pigeons. Au contraire pour les chiens, les chats „et la crécerelle, ce même rapport n'est jamais au dessous d' $^1/_4$. „Il est presque toujours à peu près $^1/_3$ et quelquefois $^1/_2$. Les „différentes époques de la digestion ne m'ont pas paru influer d'une „manière constante sur ces variations. L'absorption est toujours plus „forte dans le jeune âge que dans la vieillesse.

„Quoique ces observations ne portent que sur six espèces, on „peut présumer avec beaucoup de vraisemblance que la différence „que nous venons de signaler, tient à celle des aliments dont ces „animaux se nourrissent, ou à une diversité d'organisation corres- „pondante.“

Ich habe die von *Dulong* erhaltenen Resultate, hinsichtlich des genannten Verhältnisses noch näher bezeichnet und in nachstehender Tabelle unter Rubrik *c* aufgestellt. Die Zahlen unter *a* und *b*, welche ich der Tabelle *Dulong's* entnommen, liegen der Berechnung zu Grunde. Unter *d* habe ich den procentischen Gehalt an Kohlensäure in der analysirten Luft, in welcher das Thier am Ende des Experiments lebte, hinzugefügt, weil es zumal aus *V. Erlach's* Untersuchungen hervorgegangen ist, dass dieser procentische Gehalt auf den Gasaustausch, wie zu erwarten, nicht ohne Einfluss ist.

Nro.	a. Gefundene CO_2. Red. auf 0° und 760 M. M.	b. Nicht in CO_2 wied. gefund. O. Red. auf 0° und 760 M. M.	c. Volum. verbr. O für 100 Volum. CO_2.	d. Procent. Geh. an CO_2 in der anal. Luft.
1. Katze, 2 M. alt.	1,152	0,396	134,38	7,2
2. Id. 2½ Mon.	1,237	0,462	137,27	5,47
3. Id. 3 Monate.	1,404	0,889	163,31	6,28
4. Id. 4 Monate.	2,056	0,708	134,44	6,38
5. Id. Id.	1,500	0,508	133,87	6,64
6. Hund, 45 T. alt.	1,367	0,469	133,58	4,679
7. Id. 50 Tage.	1,522	0,554	136,40	6,3
8. Id. 60 Tage.	1,490	0,515	134,56	5,6
9. Wannenweiher (ein Raubvogel).	0,494	0,207	141,90	2,74
10. Id.	0,543	0,227	141,80	2,7
11. Altes Meerschweinchen.	1,372	0,073	105,32	5,5
12. Id.	1,509	0,08	105,30	5,56
13. Junges Meerschweinchen.	0,607	0,108	117,79	6,16
14. Kaninchen, 4 Monate alt.	2,025	0,113	105,57	6,3
15. Id. 2 Mon.	1,228	0,116	109,45	4,1
16. Taube.	1,388	0,122	108,79	3,18
17. Id.	1,655	0,134	108,10	4,05

Ich muss noch ausdrücklich bemerken, dass nicht allein das Mittel des absorbirten Sauerstoffes (für 100 Vol. ausgehauchter Kohlensäure) aus den sub 1 — 10 erwähnten Fleischfressern angehörenden Versuchen = 139,15, und das Mittel aus den sub 11—17 erwähnten Pflanzenfressern angehörenden = 108,62 weit auseinander liegen, sondern dass auch selbst das Maximum bei Pflanzenfressern = 117,79 von dem Minimum bei Fleischfressern bedeutend übertroffen wird, woraus zu ersehen ist, dass die *Dulong*'schen Untersuchungen in jeder Reihe die schönste Uebereinstimmung zeigen.

Zunächst schliessen sich hieran die von *Despretz* erhaltenen Resultate. Leider konnte ich von mehr als 200 derartigen von *Despretz* angestellten Versuchen nur die 9 Folgenden, bei welchen

der verschwundene (nicht in der CO^2 wiedergefundene) Sauerstoff angegeben ist, zu unserem Zweck benutzen [1]). Auf gleiche Weise wie die *Dulong*'schen habe ich dieselben in einer Tabelle zusammengestellt.

Nro. [2])	a. Gefundene CO^2.	b. Verschwundener O.	c. Volum. d. verbr. O für 100 Vol. CO^2.	d. Procentgehalt an CO^2 in der anal. Luft.
1. Hund, 5 J. alt.	3768	1806	147,93	7,98
2. Id., 7—8 M. „	2777	1391	150,09	5,875
3. 2 junge Hunde 4–5 Woch. alt.	4018	2215	155,12	8,75
4. Katze, 2 J. alt.	2060	870	142,23	4,33
5. Grand-Duc de Virginie adulte.	1601	1025	164,02	3,34
6. Altes Kaninch.	3076	980	131,86	6,41
7. 6 junge Kan.	2955	1218	141,22	6,06
8. 3 Meerschw.	2587	707	127,33	5,35
9. 3 Tauben.	2451	735	129,99	5,14

Die Mittelwerthe des absorbirten Sauerstoffes (für 100 Vol. CO^2) bei Fleischfressern = 151,88 und bei Pflanzenfressern = 132,60 liegen hier freilich nicht so weit auseinander wie in den *Dulong*'schen Versuchen; jedoch ist auch hier das Minimum bei Fleischfressern immer noch grösser als das Maximum bei Pflanzenfressern.

Die Resultate dieser sämmtlichen Untersuchungen, zumal der *Dulong*'schen, welche alle unter denselben Umständen angestellt

---

1) Recherches expérimentales sur les causes de la chaleur animale, in Ann. de chimie et de physique. 1824. T. XXVI, p. 337. Nur der erste Theil dieser Arbeit ist, so viel ich weiss, erschienen. Hier fehlt die Bemerkung, dass bei Fleischfressern für ein gewisses Volumen ausgehauchter Kohlensäure mehr Sauerstoff absorbirt wurde als bei Pflanzenfressern, obwohl solches aus den Resultaten ersichtlich ist. *Despretz* hatte sich aber vorbehalten, den beim Athmen verschwindenden Sauerstoff, wahrscheinlich in den nicht erschienenen Theilen, näher zu besprechen. Vergl. auch *Despretz* traité élémentaire de physique. 5 éd. Bruxelles 1837. p. 537.

2) Nro. 1—9 der Tabelle entsprechen den von *Despretz* sub 7, 8, 9, 10, 14, 1, 3, 5, 11 erwähnten Versuchen.

wurden, und desswegen allerdings vergleichbar sind, schienen vollends zu der Annahme zu berechtigen, dass bei Fleischfressern für dasselbe Volumen ausgeathmeter CO^2 mehr Sauerstoff absorbirt werde, — um so mehr, als dieser Unterschied den verschiedenen Ernährungsverhältnissen dermassen entsprach, dass man schon a priori ein solches Resultat mit ziemlicher Gewissheit erwarten konnte. — Die meisten vegetabilischen Nahrungsmittel enthalten nur eine geringe Menge Fett und Proteinkörper, deren Wasserstoff eingeathmeten Sauerstoffs zur Wasserbildung bedürfen könnte, während die übrigen Bestandtheile — Stärke, Zucker u. s. w. — die zur Wasserbildung gehörige Menge Sauerstoff schon besitzen. Die thierischen dagegen fast ausschliesslich aus Protein und Fett zusammengesetzten Nahrungsmittel bedürfen bei ihrer Verbrennung im Körper einer ansehnlichen Menge eingeathmeten Sauerstoffes zur Wasserbildung, weil Protein- und Fettkörper bei Weitem keine hinreichende Menge Sauerstoff enthalten, um mit dem darin vorhandenen Wasserstoff Wasser zu bilden. Bei den Pflanzenfressern wird also eine geringere, bei den Fleischfressern eine viel grössere Menge des beim Athmen absorbirten Sauerstoffes nicht in der ausgehauchten CO^2 wiedergefunden, und da jedes Volumen CO^2 gerade sein eignes Volumen Sauerstoff enthält, wird die ausgeschiedene Kohlensäure bei ersteren nur wenig, bei letzteren vielmehr von dem aufgenommenen Sauerstoff übertroffen werden, — gerade wie die erwähnten Versuche nachweisen [1]).

Dies wäre also der nach meiner Ansicht gehörig begründete Standpunkt beim Erscheinen der *Valentin-Brunner*'schen Untersuchungen, welche diesen zu erschüttern drohten. Ich wurde desswegen, trotz aller Anerkennung für dieses Muster chemischer und physiologischer Forschung, die von ihnen daraus gefolgerten Schlüsse zu bekämpfen genöthigt, theils weil sie in Widerspruch standen mit den eben erwähnten physiologischen Thatsachen, theils weil beim Gasaustausch zwischen Luft und Blut die physischen Bedingungen für die Anwendung des *Graham*'schen Diffusionsgesetzes

---

1) Vergl. *Donders.* Blik op de stofwisseling, als bron der eigene warmte van planten en dieren; bl. 52. Utrecht 1845; deutsch erschienen: Wiesbaden 1847.

durchaus fehlen. Die erhaltenen constanten Resultate schienen mir also bloss zufällig, indem ich unter verschiedenen Ernährungs-Verhältnissen ganz verschiedene Resultate erwartete. Bei gemischter Nahrung möchte das gefundene Verhältniss überhaupt richtig sein. [1])

Während indess *Valentin* [2]) seine Ansicht fortdauernd gegen die von mehren Seiten gemachten Einwendungen zu vertheidigen und selbst näher zu begründen suchte, ist deren Unhaltbarkeit, welche ich gerade aus den *Valentin*'schen Untersuchungen jetzt vollständig beweisen zu können glaube, mir immer deutlicher geworden. Ich werde im Folgenden näher zu zeigen mich bemühen:

1) Dass die physischen Bedingungen für die Anwendung des *Graham*'schen Diffusionsgesetzes beim Gasaustausch zwischen dem Blute und der in den Lungen enthaltenen Luft durchaus fehlen.

2) Dass die Annahme eines constanten Verhältnisses zwischen dem aufgenommenen Sauerstoff und der ausgehauchten Kohlensäure mit unserer Kenntniss des Stoffwechsels im Körper in Widerspruch steht.

3) Dass es sowohl der Anwendung des Diffusionsgesetzes als der Annahme des genannten constanten Verhältnisses an empirischen Grundlagen durchaus fehlt.

I.

Valentin's Anwendung des *Graham*'schen Diffusionsgesetzes ist von *Ludwig* [3]) und mir [4]) fast gleichzeitig und unabhängig von einander mit physischen Gründen bestritten. Wir machten darauf aufmerksam: 1) dass in den Lungen nicht Gase mit Gasen im elastischen Zustande, sondern ein elastisches Gas mit einem von einer Flüssigkeit absorbirten in Wechselwirkung trete; 2) dass eine ganz durchfeuchtete Membran die poröse Scheidewand zwischen Luft und Blut

---

1) Vergl. mein Blik op de stofwisseling bl. 52.

2) *Canstatt's* Jahresberichte über die Fortschritte in den Jahren 1843, 1844 und 1845.

3) Zeitschrift f. ration. Mediz. B. III. 1845. S. 147.

4) Blik op de stofwisseling bl. 53; eine Vorlesung gehalten im November 1844.

darstelle; 3) dass der Druck, welchem Blut und Luft ausgesetzt sind, nicht vollkommen gleich sei.

Diese Einwürfe gegen die Möglichkeit des Austausches von Kohlensäure und Sauerstoff in den Lungen, genau nach dem *Graham*'schen Diffusionsgesetze, sind fast allgemein anerkannt. *Bischoff*[1]) scheint sich mit denselben zu vereinigen; *Magnus*[2]) hat die Anwendung des Diffusionsgesetzes mit denselben, auch von *Schlossberger*[3]) als sehr wichtig anerkannten Gründen bestritten, und *Vierordt*[4]) erklärte die von *Brunner* und *Valentin* aufgefundene Thatsache (?) in Bezug auf das Diffusionsgesetz für eine rein zufällige, weil die Bedingungen in beiden Fällen wesentlich verschieden seien.

Die erste und dritte der genannten Differenzen hatte *Valentin*[5]) selbst auch keineswegs übersehen. Als später aber aus seinen Versuchen hervorzugehen schien, dass, trotz diesen, der Gasaustausch genau dem *Graham*'schen Diffusionsgesetze folge, sprach er davon in seinem Lehrbuche bei der Respiration nicht weiter, erwiederte[6]) aber später auf die Einwürfe *Ludwig*'s: es müssen daher („weil trotz dieser Differenzen seiner Ansicht nach das Diffusionsgesetz experimentell erwiesen wäre") in unseren Athmungswerkzeugen gewisse Bedingungen vorhanden sein, welche den Eintritt jener mechanischen Verhältnisse möglich machen oder deren Hindernisse eliminiren. Jedenfalls geht hieraus hervor, dass *Valentin* seine Ansicht bloss auf die aus seinen Versuchen erhaltenen (näher in III zu besprechenden) Resultate gründet, und dass er ohne diese vielmehr selbst das Gegentheil erwartet hätte.

Mit dem zweiten Einwurfe (dass eine ganz durchfeuchtete

---

1) *Müller's* Archiv 1844. H. 6. S. 110.

2) *Poggendorff's* Annalen der Physik und Chemie. 1845. B. LXVI. S. 201.

3) Archiv f. physiol. Heilk. 1846. H. 2. S. 278.

4) *Wagner's* Handw. Art. Respiration. S. 908, und Arch. f. phys. Heilk. von *Griesinger*. 1847, 6. Jahrg. H. 2.

5) Lehrb. der Physiol. B. I. S. 82. 1844.

6) Jahresbericht über die Fortschritte etc. im Jahre 1844. B. I. S. 180. Erlangen 1845.

Membran die poröse Scheidewand zwischen Luft und Blut darstelle) scheint *Valentin* nicht einverstanden; „im Gegentheil", sagt er [1]), „lehren sogar mit feuchten Thierblasen gemachte Versuche; dass dieses Moment nicht wesentlich eingreift." Es ist zu bedauern, dass *Valentin* diese Versuche nicht näher angegeben hat. So viel ist gewiss, dass, wenn man durchfeuchtete mit Kohlensäure gefüllte Thierblasen in der atmosphärischen Luft aufhängt, das Gasvolumen in der Blase bald abnimmt, und dagegen zunimmt, wenn die mit atmosphärischer Luft gefüllte Blase in einer mit Kohlensäure gefüllten Glocke aufgehängt wird, — was gerade dem *Graham*'schen Diffusionsgesetze widerspricht. Die durchfeuchtete Membran scheint mir also einer der wichtigsten Einwürfe gegen die Möglichkeit der Anwendung des Diffusionsgesetzes zu sein.

Es ist also nicht zu bezweifeln, dass die physischen Verhältnisse beim Gasaustausch zwischen dem Blute und der Luft durchaus keine Anwendung des Diffusionsgesetzes gestatten. Dagegen finden wir, wie *Graham* schon richtig bemerkt, alle Bedingungen für diese Anwendung beim Austausch der in den verschiedenen Luftwegen vorhandenen Luft vereinigt. *Ludwig* [2]) glaubte, dass *Valentin* die betreffende Stelle *Graham*'s missverstanden und auf den Austausch zwischen Luft und Blut übertragen habe [3]). Und freilich hat *Valentin* [4]), wo er von *Graham*'s Anwendung des Diffusionsgesetzes beim Athmen redet, diese gar nicht von der Seinigen unterschieden, so dass man glauben könnte, *Valentin* habe eine schon von *Graham*

---

1) l. l. S. 180.

2) Zeitschrift f. ration. Medizin. Bd. IV. S. 189.

3) *Ludwig* scheint *Bischoff* hier beizustimmen, dass *Valentin* bei seinen Analysen nur die Luftveränderungen, welche von einer Diffusion der in den verschiedenen Theilen des Respirationsapparates vorhandenen Luft abhängig sind, gefunden hat. Dieses ist offenbar unrichtig. Der Unterschied zwischen ein- und ausgeathmeter Luft entspricht dem Austausch zwischen Luft und Blut.

4) Lehrbuch der Phys. B. I. S. 560. „Schon *Graham* stellte „im Jahre 1832 die Vermuthung auf, dass der Austausch der Gasarten „bei der Athmung nach dem von ihm entdeckten Diffusionsgesetze erfolge. „Die obigen Analysen bestätigen dieses im Allgemeinen." Arch. f. phys. Heilk. S. 416.

gemachte Anwendung nur experimentell bewiesen und vielleicht, weil er sich durch *Graham* gestützt wähnte, das Diffusionsgesetz, trotz der von ihm selbst gemachten Einwendungen, für um so leichter anwendbar gehalten, wenn *Valentin* [1]) selbst nicht später erwiedert hätte, dass von seiner Seite kein Missverständniss statt fände [2]).

---

1) Jahresbericht über die Fortschritte im Jahre 1845. S. 190.

2) Die betreffende Stelle *Graham's* heisst: „I may be allowed to mention an application of the law of diffusion, in explanation of the mechanism of respiration. The cavity into which air enters during respiration, consists, first, of a large tube, the windpipe; secondly, of smaller tubes, into which the windpipe diverges; and thirdly, of a series of still smaller tubes, diverging from the last, themselves ramifying to an indeterminate extent, till at last the tubes cease to be of sensible magnitude, but are believed to terminate in shut sacs. The capacity of the whole cavity cannot easily be determined, but we may estimate it at 300 cubic inches. In a natural expiration, about 20 cubic inches, or $^1/_{15}$ th. of the contents are thrown out, from the application of a general pressure to the whole. But it is evident, that these twenty cubic inches will be the twenty cubic inches nearest the outlet, or the contents of the largest tubes. The contents of the second-sized tubes will advance at the same time into the largest tubes, but no further, and will recede again into their original depositories on the next inspiration, which will fill the largest tubes with fresh air; which identical quantity will again be expelled in the next expiration. This illustration is perhaps too strongly stated; but it is evident, that, in ordinary respiration, the sligt mechanical compression will have little or no effect in emptying the most distant tubes, or the ultimate air-cells, of their contents. The bulk of the air, also, is not altered during respiration, although, for a quantity of oxygen, carbonic acid gas is substituted. This substitution, which is the great end of respiration, undoubtedly takes place most abundantly in the minute and distant air-cells, which present the largest surface to the blood; and the carbonic acid there produced, must be moved along to smaller tubes by the diffusionprocess (which we know to be extremely energetic, and also inevitable), till it is thrown into the largest tubes, from which it can be expelled by the ordinary action of respiration. But the action of diffusion is always twofold: at the same time that carbonic acid is being carried outward from the air-cells, oxygen is carried inward in exchange, and thus the necessary circulation kept up throughout the whole lungs.

Farther, by forced expiration, from 160 to 178 cubic inches may be expelled, after which there still remain in the lungs about 120 cubic inches, which are not under the control of the respiratory action.

There can be no doubt, that much of this quantity occupies constantly

Unabhängig von *Graham* hat auch *Bischoff* [1]) auf diese Diffusion hingewiesen, und *Vierordt* [2]), nachdem er experimentell gezeigt, dass die Luft desto mehr Kohlensäure enthalte, je tiefer sie sich in den Luftwegen befinde, hat dieselbe näher entwickelt und begründet.

II.

Die Annahme eines constanten Verhältnisses zwischen dem aufgenommenen Sauerstoff und der ausgehauchten Kohlensäure steht mit unserer Kenntniss des Stoffwechsels im Widerspruch. Dieser Satz wurde in der Einleitung schon zum Theil erläutert.

---

and permanently the most minute tubes and air-cells, for it can scarcely be withdrawn by means of the air-pump. Now, the question has arisen, how these ultimate tubes and air-cells are so powerfully inflated; for they are not distended by the action of muscular fibre of which they are known to be destitute. This state of distention must be highly useful, by exposing surface; and the law of diffusion enables us to account for it. The heavy carbonic acid which these minute cells may contain, is not merely exchanged for oxygen, but for a larger volume of oxygen, in the proportion of the diffusion-volumes of carbonic acid and oxygen, namely 81 carbonic acid are replaced by 95 oxygen. The resistance to passage through the most minute tubes, is overcome by the diffusion action, as in the case of the pores of the stucco-plug, and there follows a tendency to accumulation on the side originally occupied by the carbonic acid. This accumulation is limited by the increased facility with which the air-vessels can empty themselves mechanically of a portion of their contents, from their distended state.

In the law of diffusion of gases, we have, therefore, a singular provision for the full and permanent inflation of the ultimate air-cells of the lungs.

But it is in the respiration of insects, that the operation of this law will be most distinctly perceived. The minute air-tubes accompanying the bloodvessels to every organ, and like them ramifying till they leave to be visible under the most powerful microscope, are kept distended during the most lively movements of the little animal, and the necessary gaseous circulation maintained, wholly, we may presume, by the agency of diffusion." *Graham*, in Transactions of the royal society of Edinburgh. 1834. Vol. XII, p. 255—257.

1) *Müller's* Archiv. 1844. H. 6. S. 110.

2) Physiologie des Athmens. Karlsruhe 1845; und Art. Respiration in *Wagner's* Handwörterbuch, 12. Lief. S. 900 u. f.

Valentin hat auch keineswegs übersehen, dass die Anwendung des Diffusionsgesetzes zu dem ganzen Stoffwechsel im Körper in inniger Beziehung stehe, wovon man sich leicht überzeugt, wenn man die §§. 536 bis 543 des Lehrbuches der Physiologie, zumal §. 539, genau durchliest. Statt aber aus dieser Beziehung auf die Unanwendbarkeit des Diffusionsgesetzes zu schliessen, scheint *Valentin* den ganzen Stoffwechsel und die Ernährungsbedürfnisse von der Anwendung des genannten Gesetzes abhängig zu machen. Dies folgt aus der ganzen Darstellung und spricht sich in §. 539 schon klar genug aus. Nachdem *Valentin* hier die Ausgaben an C, H, N und O in einer Tabelle zusammengestellt hat, zeigt er in einer folgenden Einnahmstabelle, dass diese durch 83,107 Gr. Protein, 114,25 Gr. Fett und 348,404 Gr. Amylon genau gedeckt werden können, d. h. unter Annahme einer dem Diffusionsgesetze entsprechenden Sauerstoff-Absorption. Es ist klar, dass er bei der Annahme einer grösseren Sauerstoffabsorption mehr Fett und weniger Amylon, dagegen bei Annahme einer geringeren Sauerstoffabsorption weniger Fett und mehr Amylon zur Deckung gebraucht hätte. *Valentin* geht aber von der Richtigkeit der Anwendung des Diffusionsgesetzes aus und sagt weiter [1]): „In „der angeführten Einnahmentabelle beträgt die Menge des Fettes un„gefähr $1^1/_2$ Mal und die des Amylon etwas mehr als 4 Mal so viel „als die des Proteins. So leicht es nun ist, nach den Ausgaben„tabellen Einnahmenverzeichnisse zu entwerfen, welche die geforderten „Mengen von Kohlenstoff und Stickstoff liefern, so schwer wird es, „solche, wie die obige zu ermitteln, bei welchen zugleich der durch „die ausgeschiedene Kohlensäure geforderte Sauerstoff gerade genau „hinreicht, den Kohlenstoff und Wasserstoff, welcher nicht mit den „Excrementen und dem Urin davongeht, zu verbrennen. Nur eine „solche Berechnungsweise aber kann als genügend angesehen werden. „Sicherlich ist es dabei keine Zufälligkeit, dass sich dann die Quan„titäten des Proteins, des Fettes und des Amylon beinahe genau = 2 : 3 : 8 verhalten.“ (Offenbar hängt dies allein von der An-

1) Lehrb. B. I. S. 730.

wendung des Diffusionsgesetzes ab, und ich halte diese Proportion also für zufällig). „Wie es scheint, deutet dieses auf ein bestimmtes Aequi„liber unserer Einnahmen und Ausgaben mit Berücksichtigung der drei „Grundkörper unserer Nahrungsmittel der Proteinsubstanzen, der „stickstofflosen und sauerstoffarmen und derjenigen stickstofflosen Ver„bindungen, in welchen doppelt so viel Wasserstoff- als Sauerstoff„Atome vorhanden sind, hin. Versucht man jene Tabelle so zu „berechnen, dass nur Protein und Stärkmehl in den Einnahmen er„scheinen, so bleibt eine beträchtliche Menge Sauerstoff unbenutzt. „Nimmt man welches mit Protein und Fett vor, so fehlt Oxygen.“ (Eben weil man das Diffusionsgesetz voraussetzt). „Beiderlei unan„nehmbare Resultate der Berechnung führen zu dem Schlusse, dass „zu einer regelrechten Nahrung nicht bloss Protein und Stärke oder „Protein und Fett oder ihnen analoge Körper allein, sondern Ver„bindungen von Protein, Fett und Amylon oder aller drei Haupt„klassen von Ernährungssubstanzen gehören. Bei blosser Fleisch„nahrung compensirt sich wahrscheinlich der geringe Sauerstoffgehalt „des Fettes durch den grösseren der stickstoffhaltigen Elemente.“ (Dies wäre unmöglich, da auch in den letzteren wenig Sauerstoff enthalten, wie denn auch *Valentin* so eben sagte, dass man die Ausgabentabelle nicht mit Protein und Fett decken könne).

Es geht also aus dieser Darstellung *Valentin*'s deutlich hervor, dass wir, wenn die Anwendung des Diffusionsgesetzes richtig wäre, an ein bestimmtes Verhältniss von Protein, Fett und Stärke gebunden sein würden. Bei dieser Annahme scheint es also unmöglich zu sein, sich an eine vorherrschende Fleisch- oder Pflanzennahrung zu gewöhnen, was uns indessen täglich begegnet, so würde es sogar zu den Unmöglichkeiten gehören, dass in der Natur pflanzenfressende und fleischfressende Thiere vorkommen. Zu diesen Consequenzen gelangt man beim Durchführen des genannten Gesetzes.

Ist es aber wahr, was wir später prüfen werden, dass die Analysen der Ausathmungsluft *Valentin*'s und *Brunner*'s zu einem dem Diffusionsgesetze entsprechenden Resultate führten, so würde man, vorausgesetzt, dass die Tabelle der Ausgaben richtig sei, zu schliessen berechtigt sein, dass *Valentin* und *Brunner* Protein, Fett und Amylon in dem genannten Verhältnisse zu sich genommen

haben. Man wird mir aber zugeben, dass nicht jeder gesunde Mensch diese Proportion festhält, und mit mir hieraus folgern, dass das Diffusionsgesetz unanwendbar ist.

Ich gestehe indessen, dass man dessen ungeachtet den eben erwähnten Consequenzen abhelfen könnte, wenn man annehmen wollte, dass bei verschiedenen Ernährungsverhältnissen immer gerade solche Bestandtheile in dem Urin und den Excrementen ausgeschieden würden, dass den durch die Perspiration entweichenden C, H und O gerade soviel O zur CO^2 und H^2O Bildung fehlt, dass das Diffusionsgesetz genau erfüllt würde. Dies anzunehmen hiesse aber die Bestandtheile des Urins und der Excremente nicht so sehr von den genossenen Nahrungsmitteln als von dem Gasaustausch bei der Perspiration, namentlich von dem Diffusionsgesetze, abhängig erklären, was mir wenigstens ungereimt scheint. Es lässt sich dieses aber direct widerlegen, und wir können dazu die schätzbaren Untersuchungen *Boussingault's* benutzen. Leider beschränken sich diese nur auf Pflanzenfresser, aber auch unter diesen ist schon ein beträchtlicher Unterschied in dem Verhältnisse der bei der Perspiration auszuscheidenden C, H und O ersichtlich. Bekanntlich hat *Boussingault* bei der Kuh [1]), beim Pferde [2]) und bei Turteltauben [3]) die in den organischen Bestandtheilen der genossenen Nahrungsmittel vorhandenen C, H, N und O bestimmt, und durch Abzug der in derselben Zeit in den organischen Bestandtheilen des Urins und der Excremente gefundenen C, H, N und O, die durch Perspiration ausgeschiedene Quantität dieser Elemente indirect gefunden. Diese Versuche wurden speziell zur Lösung der Frage angestellt, ob auch ein Theil des Stickstoffes der Nahrungsmittel durch die Perspiration entweiche, was *Boussingault*, seinen Resultaten gemäss, bejahet. *Valentin* hat aus denselben Versuchen schon die Wasserbildung im Körper berechnet, und man kann dieselben ausserdem zur Berech-

---

1) Ann. de chimie et de phys. T. LXXI. 1839. p. 113.

2) Id. p. 128.

3) Id. T. XI. 1844. p. 433.

nung des Verhältnisses zwischen den Vol. des absorbirten Sauerstoffes und der ausgehauchten Kohlensäure benutzen.

So wurde gefunden, dass beim Pferde in drei Tagen 2465 Gr. C, 255,2 H und 1846,1 O durch Perspiration entweicht,

2465 Gr. C bedürfen zur CO^2 Bildung (C = 75,12) = 6563,1 O
255,2 Gr. H „ „ H^2O „ (H = 12,5) = 2041,6 O
Also 8604,7 O
Zieht man den vorhandenen O davon ab = 1846,1
So bleibt aus der Atmosphäre absorbirter O übrig = 6758,6.

Betrachtet man die Gramme O als Volumina, so weiss man sogleich, dass mit 6563,1 Vol. O ebenso viele Volumina CO^2 gebildet sind, und man findet für 6563,1 Vol. gebildeter CO^2 6758,6 Vol. absorbirten Sauerstoffes, also 100 Vol. CO^2: 102,918 Vol. O.

Zur leichteren Uebersicht habe ich diese Berechnungen in einer Tabelle zusammengestellt, welche mit Beihülfe obenstehender Berechnungsweise leicht verständlich wird.

	Durch Perspiration entweichende.			d.	e.	f.	g.
	a. gr. C.	b. gr. H.	c. gr. O.	Zur CO^2 Bildung ben. O (= Vol. geb. CO^2.)	Zur H^2O Bildung ben. O.	Beim Athm. absorb. O (= $d+e-c$).	Verh. des abs. O zur geb. CO^2 ($f : d$).
1. Kuh.	2211,8	263,5	1951,9	5888,71	2108	6044,8	1,0265
2. Pferd.	2465	255,2	1846,1	6563,1	2041,6	6758,6	1,0298
3. Turtelt.	24,41	3,38	22,37	64,99	27,04	69,66	1,0719
4. Id.	36,83	5,16	33,93	98,06	41,28	105,41	1,0749

Aus dieser Tabelle sehen wir erstens, dass statt dem Diffusionsgesetze zu folgen, — wobei für 100 Vol. CO^2 117,421 O absorbirt werden müssten, — bei der Kuh und dem Pferde für 100 Vol. CO^2 nur 102 — 103, bei den Turteltauben nur etwas mehr als 107 Vol. O absorbirt werden. Aber zweitens lässt sich hieraus folgern, dass meine früher gelieferte Beweisführung überhaupt richtig sei, indem bei verschiedener Zusammensetzung der Nahrungsmittel, C, H und O in verschiedener Proportion durch Perspiration auszuscheiden übrig bleiben. Selbst weicht diese letztere Proportion nur sehr wenig von derjenigen ab, welche wir in den Nahrungssubstanzen finden, wie man sogleich bemerkt, wenn man in

der letzten Rubrik der angeführten und der folgenden Tabelle das Verhältniss des fehlenden Sauerstoffes zur gebildeten Kohlensäure vergleicht.

	In den sämmtlichen Nahrungsmitteln vorhandener				e.	f.	g.	h.
	a. C.	b. H.	c. O.	d. N.	Zur CO_2 Bild. ben. O (=Vol.geb. CO_2)	Zur H_2O Bild. ben. O	Fehlender O	Verhältn. d. fehl. O zur geb. CO_2 (= g : e)
Kuh [1]).	4185,2	496,5	3713,6	155,5	11142,7	3972,0	11401,1	1,0232
Pferd.	3938,0	446,5	3209,2	139,4	10484,56	3572,00	10847,36	1,0346
Turteltaub.[2]).	46,07	6,29	41,76	3,30	122,66	50,32	131,217	1,0698

Aus dem Verhältnisse des in diesen Nahrungsmitteln vorhandenen Stickstoffes zum Sauerstoff, — bei der Kuh = 1 : 23,88, beim Pferde = 1 : 23,09, bei den Turteltauben = 1 : 12,66, — sieht man zugleich, dass in der Nahrungssubstanz der Tauben (welche der von *Boussingault* gemachten Analyse zufolge 3 Proc. Fett enthält) auch viel mehr Protein vorhanden ist.

Leider besitzen wir keine den angeführten ähnliche Versuche bei Fleischfressern; bei diesen würden wir gewiss eine verhältnissmässig viel grössere Sauerstoffaufnahme gefunden haben. Dasselbe liesse sich erwarten beim Hungern, indem, wie *Chossat*'s und *Letellier*'s Versuche zeigen, dabei hauptsächlich das Fett des Körpers zersetzt wird. In den hierüber von *Boussingault* angestellten Versuchen findet dieses noch eine nähere Stütze. Da aber nur die Bestandtheile der Excremente und die durch Perspiration entweichende Kohlenstoff-Menge bestimmt worden, so scheint mir die Berechnung nicht genau und einigermassen willkührlich; dessalb theile ich sie im Ganzen mit, damit der Leser den Werth der Endresultate beurtheilen könne. In 7 Tagen verlor eine 186,8 Gr. wiegende Turteltaube, welche nur Wasser und keine Speise bekam, 53,9 Gr. an Gewicht.

---

1) Die Bestandtheile der abgesonderten Milch habe ich zuvor von denen der Nahrungsmittel abgezogen, weil diese an dem Stoffwechsel nicht Theil genommen haben, wenigstens im Körper nicht zersetzt sind.

2) Diese Berechnung ist nach der procentischen Zusammensetzung der Hirse gemacht, da diese das einzige Nahrungsmittel der Tauben war.

Täglich wurde durch die Excremente ausgeschieden,

C 0,1257, H 0,0171, O 0,1114, N 0,0974.

Den früheren Untersuchungen bei genährten Turteltauben gemäss, nahm er an, dass dieser Stickstoff $^2/_3$ des Stickstoffes der sämmtlichen zersetzten organischen Substanzen betrage; dass also 0,097 + 0,0485 = 0,1455 Gr. N der organischen Substanzen verbraucht werde, welches dem in 0,915 Gr. Blut (nach der Analyse von *Playfair* und *Böckmann*) enthaltenen Stickstoff entspricht. Das Blut besteht aus

C 0,498, H 0,069, O 0,203, N 0,145.

Durch Bestimmung der Menge ausgehauchter Kohlensäure während der Inanition fand er, dass täglich 2,406 Gr. C im Körper verbrennen. Fügt man den in den Excrementen gefundenen C hinzu, — 2,406 + 0,126 = 2,532, — so bekommt man, nach Abzug des durch das zersetzte Blut gelieferten C, (2,532 — 0,498 = 2,034) den Kohlenstoff, welchen er als durch Fettdecomposition geliefert betrachtet, so dass er folgende Berechnung aufstellt:

2,034 C. entspricht nach *Chevreul*'s		C	H	O
Analysen 2,575 Fett	=	2,034	0,294	0,247
Im zersetzten Blute sind vorhanden	=	0,498	0,069	0,203
		2,532	0,363	0,450
In den Excrementen sind gefunden	=	0,126	0,017	0,111
Durch Perspiration entweichen	=	2,406	0,346	0,339 [1]

Hieraus nun berechnete ich Folgendes:

	Durch Perspir. tägl. entweichende			d.	e.	f.	g.
	a. gr. C.	b. gr. H.	c. gr. O.	Zur CO^2 Bildung benöth. O.	Zur H^2O Bildung benöth. O.	Beim Athmen absorb. O (= d + e — c).	Verh. des abs. O zur gebild. CO^2 (f : d).
Hungernde Turtelt.	2,406	0,346	0,339	6,406	2,768	8,835	1,3793

Dieser Berechnung zufolge wurden bei der hungernden Taube, für 100 Vol. ausgehauchter CO^2, 137,93 Vol. O absorbirt, während

1) Bei *Boussingault* (a. a. O. S. 454), so wie in *Valentin's* Auszug (Jahresbericht ü. d. F. im Jahre 1844. B. I. S. 204) finde ich diese letzten Zahlen ganz fehlerhaft.

bei einer mit Hirse genährten die Sauerstoff-Absorption nur 107,18 bis 107,49 beträgt.

Hieran schliessen sich die bekannten von *Marchand* angestellten Respirationsversuche mit hungernden Fröschen, bei welchen das Verhältniss des absorbirten Sauerstoffes zur exspirirten Kohlensäure anfangs steigt, nach wenigen Tagen ein Maximum erreicht, und sodann wieder bedeutend abnimmt. Auch dieses Resultat lässt sich leicht erklären. Anfangs konnte der gewöhnliche Stoffwechsel noch eine kurze Zeit fast unverändert fortdauern; bald werden aber die Bestandtheile der Gewebe in Anspruch genommen, und, wie bekannt, zumal das Fett. Bei einer fast ausschliesslichen Fettzersetzung erreichte das genannte Verhältniss sein Maximum, und nahm wieder allmählig ab, je nachdem das Fett consumirt war, somit auch andere Gewebstheile beträchtlich angegriffen wurden.

Das Verhältniss des absorbirten Sauerstoffs zur ausgehauchten Kohlensäure ist also immer wechselnd. Es steht in inniger Beziehung zu dem gesammten Stoffwechsel, ohne dass dieser durch irgend ein constantes Verhältniss gekettet wird.

In einem folgenden Heft der Beiträge hoffe ich die Resultate einiger in Verbindung mit meinem Collegen Dr. *Van den Broek* unternommener Analysen unserer Ausathmungsluft bei vorherrschend und ausschliesslich einige Zeit fortgesetzter pflanzlicher oder thierischer Diät, wie bei gänzlicher Enthaltung mitzutheilen. Wir werden im Allgemeinen *Valentin*'s Methode folgen, aber Oel statt des Salzwassers anwenden. Bei unseren einleitenden eudiometrischen Studien suchten wir eine Flüssigkeit zu gewinnen, welche auf das aufgefangene Gas den geringsten Einfluss hätte. Bei directen Versuchen hat sich Oel als sehr geeignet erwiesen. Einen *Liebig*'schen Kali-Apparat füllten wir gehörig mit Oel, befestigten an denselben eine Chlor-Calcium-Röhre, und athmeten hierdurch eine halbe Stunde lang, so dass fortdauernd Luftblasen durch das Oel geführt wurden. Darnach wurde der mit Oel gefüllte *Liebig*'sche Apparat auf's Neue gewogen, und statt schwerer, 17 Mgr. leichter gefunden. Da wir diesen Verlust dem durch die trockene Luft aus dem Oel entführten Wasser zuschreiben zu müssen glaubten, befestigten wir an der andern Seite des Apparats ebenso eine Chlor-Calcium-Röhre, und fanden

jetzt nach dem Versuch den Apparat um $16\frac{1}{2}$ Mgr. leichter, dagegen hatte die Chlor-Calcium-Röhre um 28 Mgr. an Gewicht zugenommen. Dieser Unterschied schien uns daraus zu erklären, dass bei jeder Einathmung die Luft im Apparat wegen des unterbrochenen geringen Ausathmungsdruckes sich zurückzog und also athmosphärische Luft in die Chlorcalciumröhre hineindrang, welche ihr Wasser dem Chlorcalcium übergab. Um diese Meinung zu prüfen, befestigten wir an diese Chlorcalciumröhre noch eine zweite, welche das Wasser der angezogenen Atmosphäre aufnehmen sollte, und jetzt fanden wir den *Liebig*'schen Apparat 17 Mgr. leichter, die Chlor-Calcium-Röhre 17 Mgr. schwerer, so dass also Oel von getrockneter Ausathmungsluft gar nichts aufnimmt, und nur ein wenig Wasser an dieselbe abgiebt.

III.

Es fehlt der Anwendung des Diffusionsgesetzes sowie der Annahme eines constanten Verhältnisses des absorbirten Sauerstoffes zur ausgehauchten Kohlensäure durchaus an empirischen Grundlagen.

Je mehr ich durch obenstehende Betrachtungen von der fortdauernden Schwankung dieses Verhältnisses überzeugt wurde, desto mehr musste ich mich über den sonderbaren Zufall der constanten, dem Diffusionsgesetze entsprechenden Resultate in *Valentin's* und *Brunner's* Untersuchungen wundern. Ich fühlte mich deshalb, als mir von der Redaction der Zeitschrift de Gids eine Recension der Holländischen Uebersetzung des *Valentin*'schen Lehrbuches aufgetragen wurde, um so mehr gedrungen, die Versuche, Berechnungsweisen und Berechnungen näher zu betrachten, welches mich zu ganz verschiedenen Resultaten führte. Ich gebe hier die dort von mir[1]) gemachten Bemerkungen fast wörtlich wieder: Drei Reihen von Versuchen von *Brunner* und *Valentin* liegen der Bestimmung der Luftveränderungen beim Athmen zu Grunde.

Bei der ersten Reihe wurden durch eine Flasche von ohngefähr 1200 Cub.-Centim. Inhalt, bei einer sehr zweckmässigen Vorrichtung

1) De Gids, Elfde jaargang. 1846. Nro. 11. bl. 771.

ohngefähr 67500 Cub.-Centim. ausgeathmeter Luft geführt, welche zuvor in dem Ausathmungsrohr durch Schwefelsäure und Asbest getrocknet war, wodurch die in der Flasche früher befindliche atmosphärische Luft fast gänzlich vertrieben wurde, und die Flasche nur mit ausgeathmeter Luft angefüllt war.

Bei der 2ten und 3ten Reihe wurde die ausgeathmete Luft über eine gesättigte Auflösung von Kochsalz aufgefangen, welche die Kohlensäure weniger auflöst als Wasser.

Bei der Analyse der ausgeathmeten Luft wurde in der 1sten und 2ten Reihe bei demselben Versuche der Sauerstoff mittelst eines Phosphoreudiometers und die Kohlensäure durch ein Kalkeudiometer bestimmt, wobei gesorgt wurde, dass die Luft vor der Analyse vollkommen trocken war, und dass der Stickstoff aus dem Kalkeudiometer kein Wasser mit überführte. — Bei der ersten Reihe wurde eine bestimmte Menge Luft durch Einfliessen einer bestimmten Menge Quecksilbers aus der Flasche getrieben und der Analyse unterworfen; die gefundene Kohlensäure und der Sauerstoff, zum Volumen bei gleichem Druck und gleicher Temperatur reducirt, wurden abgezogen, und dadurch der Stickstoff gefunden. — Bei der 2ten Reihe wurde durch einen Aspirator mit Oel eine bestimmte Menge Luft aus der Flasche gezapft, die mittelst eines Hebers durch eine gesättigte Auflösung von Kochsalz ersetzt wurde. Da der Luft die Kohlensäure und der Sauerstoff entzogen wurden, so entsprach das abgezapfte Oel der Menge des Stickstoffs, zu welcher der gefundene Werth an Kohlensäure und Sauerstoff addirt wurde. Aus den auf diese Weise erhaltenen Zahlen wurden die Volumen- und Gewichtsprocente, welche in der ausgeathmeten Luft enthalten sind, berechnet.

Bei der 3ten Reihe wurden Sauerstoff und Kohlensäure, jedes bei einer besonderen Analyse, bestimmt, beide durch Abzapfen der Luft mittelst eines Aspirators. Zur Bestimmung der Kohlensäure wurden 1731,687 Cub.-Centimeter Luft (wohl zu bemerken Stickstoff und Sauerstoff) durch eine tarirte Kalkröhre abgezapft; zur Bestimmung des Sauerstoffs nur 529,420 Cub.-Centim. Luft durch den Phosphoreudiometer, welche 529,420 Cub.-Centim. Luft also aus Stickstoff und Kohlensäure bestehen.

Hieraus folgt, dass die gefundene Menge Sauerstoff 529,420 Cub.-Centimetern Stickstoff und Kohlensäure entspricht.

Valentin und *Brunner* haben ihre Berechnung auf eine ganz andere Weise angestellt; sie haben die 529,420 Cub.-Cent. Luft als allein aus Stickstoff bestehend angesehen, und die berechnete Kohlensäure hinzugezählt. Die Summe der Luft ist hierdurch zu gross und das Procent Sauerstoff zu gering ausgefallen.

Es scheint also, dass *Brunner* und *Valentin* übersehen haben, dass in den 529,420 Cub.-Centim. Luft der Kohlensäure-Gehalt bereits enthalten war, denn überall sprechen sie in dem Archiv für physiol. Heilkunde von 529,420 Cub.-Centim. Stickstoff als constant bei dieser dritten Reihe. Der Berechnungsweise ist hier ausserdem um so schwerer zu folgen, als man mit mehren sinnstörenden Druckfehlern zu kämpfen hat. Man findet hier Folgendes [1]): „In dem Versuche Nr. 8 z. B. ergaben sich unmittelbar 0,147 Gramme“ (lies: Gramme Kohlensäure) „und durchschnittlich „0,124 Grm. Sauerstoff. Das Barometer stand auf 710“, (in den Tabellen steht sowohl hier als in dem Lehrbuch 716; bei der Berechnung ist jedoch 710 zu Grunde gelegt) „das Thermometer auf + 18° C. „Die abgezapften 1731,687 Cub.-Cent. Gas enthielten Sauerstoff und „Kohlensäure“ (lies: Sauerstoff und Stickstoff). „Nach der bald an„zugebenden Berechnungsweise entsprechen unter den obigen Ge„wichten 529,420 Cub.-Cent. Stickstoff“ (statt: Stickstoff und Kohlensäure) „99,297 Cub.-Cent. Sauerstoff. Wir haben also im Ganzen „628,717 Cub.-Cent. Stickstoff und Sauerstoff (statt: für die ge„sammte Luft.)

„Hieraus ergiebt sich dann die Proportion:

„1731,687: 628,717 = 0,147; 0,053371.

„Folglich müssen wir als gefundenen Werth 0,53371 Gramme „Kohlensäure eintragen.“

Es ist indessen klar, dass wenn die 529,420 Cub.-Centim. Stickstoff und Kohlensäure sind, die gesammte Luft nur 628,717 Cub.-Centim. beträgt, so dass man bei der Berechnung der hierin enthaltenen Menge Kohlensäure folgende Proportion bekommt:

---

1) Archiv f. phys. Heilk. Jahrg. II. S. 409.

1731,687 Cub.-Centim. + 0,147 Mgr.: 628,717 Cub.-Centim. = 1,047 Mgr.: x; und dass man die gefundenen in Cub.-Centim. berechneten x Kohlensäure von 529,40 Cub.-Centim. abziehen muss, um den Stickstoff zu finden. Man hat alsdann für die Zusammensetzung der analysirten Luft:

99,279 Sauerstoff
529,420 — x Stickstoff
x Kohlensäure
628,699 Cub.-Centim. Luft.

Dass die genannte unrichtige Berechnungsweise bei der dritten Reihe angestellt ist, und dass die 529,420 Cub.-Centim Luft, wovon hier gesprochen wird, nicht allein Stickstoff, sondern Stickstoff und Kohlensäure sind, ist in *Valentin*'s Lehrbuch der Physiologie Bd. I. S. 564 auf's deutlichste ausgesprochen [1]), wo man eine Art von Erklärung für, und sogar Schlüsse aus dieser Berechnungsweise findet, die auch *Ludwig* [2]) nicht begriffen hatte.

Bei den zwei ersten Reihen ist die Zusammensetzung der ausgehauchten Luft gut berechnet. Hier haben sich jedoch Fehler bei der fernern Berechnungsweise eingeschlichen. Da indessen diese zwei Reihen keinen Anspruch machen, das Diffusionsgesetz zu beweisen, und *Valentin* und *Brunner* hierin selbst nichts mehr als „eine schwankende Beantwortung des Problemes" sehen, so scheint es mir überflüssig, bei diesen Tabellen länger zu verweilen.

Für die Versuche der dritten Reihe, die noch mit mehr Sorgfalt und Genauigkeit angestellt sind, und welche eigentlich diejenigen sind, wodurch *V.* und *B.* das Diffusionsgesetz bewiesen zu haben glauben, habe ich die wahren Resultate der Analysen berechnet und in der untenstehenden Tabelle vereinigt, welche als eine verbesserte Tabelle

---

1) Hier findet man Folgendes: „Bei den beiden Sauerstoffbestim-„mungen werden durch den Aspirator jedes Mal 529,420 Cub.-Centim. „d. h. Stickstoff und Kohlensäure entfernt. Die Menge des „Sauerstoffes betrug in jeder der beiden Analysen (13 u. 14) 0,124 Gr. „Diese geben unter den obigen physikalischen Voraussetzungen 98,505 „Cub.-Centim. Mithin glich die genannte ausgetriebene trockene Luft 529,420 + 98,505 = 627,925."

2) Zeitschrift der rationellen Medicin. B. III. S. 151.

angesehen werden kann für die, welche im Arch. f. phys. Heilk. S. 411 und in *Valentin*'s Lehrbuch S. 561 vorkommt.

Nro. d. Ber.	Nr. der analys. Luft-art.	Barometerst. in Millimetern.	Thermom. in Cels. Graden.	Gefundenes Gewicht in Grammen.		Berechnetes Volumen in Cub.-Cent. auf 529,420 Cub.-Cent. N und CO_2.			Summe d. unters. Luft.
				Gef. Ouf 529,420 Cub.-Ct. N u. CO_2.	Ber. CO_2 über die gesammte Luft.	Sauerstoff.	Kohlens.	Stickstoff.	
1	I	715,5	18°	0,138	0,045	108,782	24,740	504,680	638,202
2	„	715,5	18°	0,136	0,042	107,205	23,149	506,271	636,625
3	Mittel	715,5	18°	0,137	0,0435	107,9935	23,945	505,475	637,4135
4	II	715,5	19°	0,136	0,046	107,574	25,350	504,070	636,994
5	„	715,5	19°	0,136	0,044	107,574	24,290	505,130	636,994
6	Mittel	715,5	19°	0,136	0,045	107,574	24,820	504,600	636,994
7	III	723	20°	0,138	0,04562	108,394	24,1765	505,2435	637,814
8	„	723	22°	0,136	0,0412	107,550	23,147	506,273	636,970
9	Mittel	723	20°	0,137	0,04562	107,608	24,175	505,245	637,028
10	IV	720	21°	0,128	0,05218	97,190	28,599	500,821	626,610
11	„	720	21°	0,131	0,04817	99,468	25,4655	503,9545	628,888
12	Mittel	720	21°	0,1295	0,05218	102,484	28,610	500,810	631,904
13	V	710	18°	0,124	0,0551	98,503	30,230	499,190	627,923
14	„	710	18°	0,124	„	98,503	30,230	499,190	627,923
15	Mittel	710	18°	0,124	0,0551	98,503	30,230	499,190	627,923
16	VI	710	18°	0,126	0,053371	100,093	29,251	500,169	629,513
17	„	710	18°	0,124	„	98,503	29,247	500,173	627,923
18	Mittel	710	18°	0,125	0,053371	99,297	29,249	500,171	628,717

Aus obenstehender Tabelle müssen nun die Veränderungen abgeleitet werden, welche die eingeathmete Luft erlitten hat, und muss das Verhältniss zwischen dem absorbirten Sauerstoff und der hinzugetretenen Kohlensäure gesucht werden. Auch hierbei kann ich mich mit keiner der Berechnungsweisen von *Valentin* und *Brunner* vereinigen.

Bei ihrer ersten Weise bestimmen sie (gleichwie bei den 2 ersten Reihen) die Volumen- (und Gewichts)- Procente der analysirten Luft l ($= s + k + n = 100$) und ziehen die hierbei gefundenen Sauerstoffprocente s von dem ursprünglichen Procentgehalt der Athmosphäre an Sauerstoff $= 20{,}815$ ab; die fehlenden Procente sehen sie als absorbirten Sauerstoff an, und diese vergleichen sie mit den berechneten Procenten Kohlensäure k. Sie nennen dieses Verfahren: unter Voraussetzung einer Verminderung des Luftvolumens und der Gleichheit des Stickstoffes.

Bei der zweiten Berechnungs-Methode gehen sie aus von

den Procenten, welche sie bei der ersten Berechnungsweise fanden. Sie berechnen daraus zuerst L, d. h. wie viel atmosphärischer Luft die oben gefundenen Procente Stickstoff n entsprechen, und bestimmen die Menge Sauerstoff S, welche die gefundene (eingeathmete) atmosphärische Luft L enthält. Dies lässt sich folgender Weise ausdrücken:

$$L = \frac{n \times 100}{79{,}185}$$

$$S = \frac{L \times 20{,}815}{100}$$

Die in l gefundenen Procente Sauerstoff s und Kohlensäure k werden nun so berechnet, als ob diese nicht in $l = 100$, sondern in L gefunden wären. Nennen wir die auf diese Weise reducirten s und k, s' und k', so bekommen wir folgende Gleichungen:

$$s' = \frac{s \times 100}{L}$$

$$k' = \frac{k \times 100}{L}$$

S-s' werden nun als die Procente absorbirten Sauerstoffes angesehen und k' als die hinzugetretenen Procente Kohlensäure.

Diese Berechnungsweise soll, ihrer Meinung nach, gegründet sein auf die Voraussetzung, dass das Luftvolumen beim Athmen dasselbe bleibt, und dass eine geringe proportionelle Menge von Stickstoff ausgeschieden werde.

Wer dieser einfachen Vorstellungsweise ihrer Berechnungsweisen genau folgt, sieht gewiss ein, dass auf keine dieser Weisen gefunden wird, was eigentlich die Frage war: Wie viel Sauerstoff der ausgeathmeten Luft entzogen, und wie viel Kohlensäure an dessen Stelle getreten ist. Befremdender ist es noch, wenn V. und B. aus den verschiedenen Resultaten dieser Berechnungsweisen folgern, dass das Volumen Stickstoff beim Athmen unverändert bleibe. Weil nämlich das Resultat der Berechnung nach der ersten Methode, welche auf die Voraussetzung eines unveränderten Stickstoffvolumens gegründet wäre, dem Diffusionsgesetze genauer entspreche als das nach der zweiten Methode, soll kein Stickstoff ausgeschieden

werden. Dieses scheint mir eine Petitio Principii zu sein. Das Diffusionsgesetz und das unveränderte Stickstoffvolumen müssen jedes einzeln bewiesen werden, und V. und B. wollen beide durch einander beweisen. Wäre ihre Berechnungsweise gut, dann würde hier allein bewiesen werden, dass beide stehen oder fallen, keinenfalls dass beide stehen. Es lehren diese Versuche nicht einmal, dass kein Stickstoff aus der atmosphärischen Luft aufgenommen wird, wie V. und B. hieraus schon unmittelbar ableiten, denn eine *Vermehrung des Procent-Gehaltes* an Stickstoff schliesst die Möglichkeit einer *absoluten Verminderung* keineswegs aus.

Nur eine Berechnungsweise ist a priori anwendbar; die übrigen sind falsch. Diese setzt voraus, dass die Menge (nicht das Procent) Stickstoff beim Athmen unverändert bleibe. Zu dieser Voraussetzung berechtigen uns die Resultate der oben erwähnten Untersuchungen *Boussingault's*. Er fand $^2/_3$ des in den Nahrungsmitteln vorhandenen Stickstoffes in dem Urin und in den Excrementen zurück. Die übrige geringe Menge Stickstoff kann auf die Zusammensetzung der exspirirten Luft, wie man durch Berechnung leicht findet, keinen merkbaren Einfluss haben; um so mehr als derselbe vielleicht allein auf Rechnung der Zunahme der Horngewebe, des Ausfallens von Haaren, Federn u. s. w., der durch die Lungen, vielleicht auch durch die Haut ausgeschiedenen Spuren von Ammoniak und organischer Substanz, der aus dem Urin und Excrementen sich bald entwickelnden Gase u. s. w. gesetzt werden kann.

Sollte es später erwiesen werden, dass eine gewisse Quantität Stickstoff als Stickstoff durch die Lungen entweicht, so würden die gemachten Berechnungen freilich eine, allein eine äusserst geringe Correction erleiden; so lange dieses aber nicht feststeht, und dabei die Menge des möglicher Weise hinzugetretenen Stickstoffes nicht bestimmt ist, ist jede andere Berechnungsweise nicht allein, sondern auch jede Correction willkührlich zu nennen.

Wir setzen also ein unverändertes Stickstoff-Volumen voraus, machen aber eine ganz andere Berechnung als V. und B. unter derselben Voraussetzung. Ich berechne nämlich, wie viel Vol. Sauerstoff in der ausgeathmeten Luft auf 79,185 Vol. Stickstoff vorkommen, und ziehe das Gefundene von 20,815 Vol. Sauerstoff, welche in der

eingeathmeten Luft mit 79,185 Stickstoff verbunden waren, ab. Auf diese Weise bekomme ich die Vol. absorbirten Sauerstoffes; und berechne nun weiter, wie viel Kohlensäure bei derselben Menge Stickstoff = 79,185 in der analysirten Ausathmungsluft vorhanden ist. Ich finde also die Frage gelöst, wie viel Kohlensäure für ein gewisses Volumen absorbirten Sauerstoffes hinzugetreten sei. In der folgenden Tabelle [1]) habe ich die Resultate zusammengestellt.

Nro. d. Ber.	Trock. ausgeathm. Luft auf 79,185 Stickstoffvolumina. a. Kohlens.	b. Sauerst.	c. Abs. Sauerstoff (20,815 — b.)	d. Diffus.-Werth d. Kohlens.	e. Unterschied zwisch. der berech. u. d. gefundenen Kohlens.	f. Verh. des abs. Sauerst. zur ausgeh. Kohlens.	g. Summe der Ausathm.-Luft auf 79,185 Stickstoff.	h. Volumen-Veränd. der Luft beim Athmen.
1	3,882	17,068	3,747	3,191	+ 0,691	0,9653	100,135	+ 0,135
2	3,621	16,768	4,047	3,447	+ 0,174	1,1177	99,574	— 0,426
= 3	3,751	16,918	3,897	3,319	+ 0,432	1,0389	99,854	— 0,146
4	3,982	16,899	3,916	3,335	+ 0,647	0,9833	100,066	+ 0,066
5	3,808	16,864	3,951	3,365	+ 0,443	1,0376	99,875	— 0,143
= 6	3,895	16,881	3,934	3,350	+ 0,545	1,0101	99,961	— 0,039
7	3,791	16,988	3,827	8,259	+ 0,532	1,0095	99,964	— 0,036
* 8	3,620	16,822	3,993	3,401	+ 0,219	1,1029	99,627	— 0,373
= 9	3,789	16,865	3,950	3,364	+ 0,425	1,0425	99,839	— 0,161
10	4,522	15,367	5,448	4,640	— 0,118	1,2048	99,074	— 0,926
* 11	4,001	15,629	5,186	4,417	— 0,416	1,2961	98,815	— 1,185
= 12	4,524	16,204	4,611	3,927	+ 0,597	1,0193	99,913	— 0,087
13	4,795	15,625	5,190	4,420	+ 0,375	1,0823	99,605	— 0,395
14	4,795	15,625	5,190	4,420	+ 0,375	1,0823	99,605	— 0,395
= 15	4,795	15,625	5,190	4,420	+ 0,375	1,0823	99,605	— 0,395
16	4,631	15,846	4,969	4,232	+ 0,399	1,0730	99,662	— 0,338
17	4,630	15,595	5,220	4,446	+ 0,184	1,1274	99,410	— 0,590
= 18	4,6305	15,720	5,095	4,339	+ 0,2915	1,1003	99,5355	— 0,4645

In dieser Tabelle, welche aus den unmittelbaren Resultaten von V. und B. abgeleitet ist, finden wir also ganz andere Resultate als von V. und B. berechnet waren. Ich will davon nur speciell hervorheben, dass 1° der Unterschied zwischen der nach dem Diffusionsgesetz aus dem absorbirten Sauerstoff berechneten und der gefundenen Kohlensäure (abgesehen von No. 8 und 11, welche auch V. und B.

1) Die Mittel der beiden Analysen derselben Luft sind mit = bezeichnet. No. 8 und 11, welche mit * bezeichnet sind, werden, hinsichtlich der Kohlensäure, nicht zur Bestimmung der Mittel benutzt; weil diese Kohlensäure-Bestimmungen durch Auflösung von Kohlensäure in der Salzlösung offenbar zu gering ausgefallen. Ich folge hierin dem von V. und B. betretenen Weg.

verwerfen) schwankt zwischen + 0,691 und — 0,118; wobei, mit Ausnahme von No. 10, die ausgehauchte Kohlensäure immer grösser ist, als die nach dem Diffusionsgesetz berechnete. 2° Dass statt dem Diffusionsgesetze (1 : 1,1743) zu folgen, das Verhältniss des absorbirten Sauerstoffes zur ausgehauchten Kohlensäure schwankt zwischen 1 : 0,9653 und 1 : 1,2048 und also keinesweges constant ist.

Halten wir uns an den Mitteln aus jeder analysirten Luftart, so finden wir:

1) Den Unterschied zwischen der nach dem Diffusions-Gesetze berechneten und der gefundenen Kohlensäure schwankend zwischen + 0,2915 und + 0,597.

2) Das Verhältniss des aufgenommenen Sauerstoffes zur ausgehauchten Kohlensäure schwankend zwischen 1 : 1,0101 u. 1 : 1,1003.

Noch wichtiger scheinen die Mittelwerthe aus allen Analysen der Ausathmungsluft von *Brunner* und von *Valentin*, jedem für sich und die Durchschnittszahl aller Analysen, welche man in folgender Tabelle zusammengestellt findet.

Nro. der Berechnung.	Trockene ausgeathmete Luft.			Absorbirter Sauerstoff.	Diffusionsverhältniss der CO_2.	Unterschied zwischen den berechn. und gefund. CO_2.	Verhältniss des absorb. O zur ausgeh. CO_2.	Summe der Ausathm.-Luft auf 79,185 N.	Volumen-Veränderung der Luft beim Athmen.
	Stickstoff.	Kohlensäure.	Sauerstoff.						
Summe der Mittel 3, 6 und 9 (*Brunners* Ausathmungsluft).	237,555	11,435	50,664	11,781	10,033	+ 1,402	3,0915	299,654	0,346
							3	3	
Mittel aus diesen Mitteln.	79,185	3,8116	16,888	3,927	3,344	+ 0,4672	1,0305	99,885	0,115
Summe der Mittel 12, 15 und 18 (*Valentin's* Ausathmungs-Luft).	237,555	13,9495	47,549	14,896	12,686	+ 1,263	3,2019	299,0535	0,9465
							3	3	
Mittel aus diesen Mitteln.	79,185	4,6498	15,850	4,965	4,229	+ 0,421	1,0673	99,6845	0,3155
Summe aller Mittel.	475,110	25,3845	98,213	26,677	22,719	+ 2,665	6,2934	598,7075	1,2925
							6	6	
Allgemeines Endmittel.	79,185	4,2307	16,369	4,446	3,7867	+ 0,444	1,0489	99,7846	0,2154

Ein einziger Blick auf diese Tabelle ist hinreichend, um uns zu überzeugen, dass die Anwendung des Diffusionsgesetzes gewiss in diesen Analysen keine Stütze findet. Statt des Verhältnisses 1 : 1,1743 finden wir als Mittel 1 : 1,0489, während es für *Brunner* 1 : 1,0305, für *Valentin* 1 : 1,0673 beträgt.

Nachdem ich obenstehende Bemerkungen in meine Recension des *Valentin*'schen Lehrbuches aufgenommen, glaubte ich der Anwendung des Diffusionsgesetzes alle ihre bisherigen Stützen genommen zu haben. Indessen tritt *Valentin* [1]) mit einer neuen Reihe von Analysen der Ausathmungsluft von 7 verschiedenen Individuen auf, welche das Diffusionsgesetz noch strenger zu beweisen scheinen. Dieses ist aber um so auffallender, als der Hauptfehler (dass nämlich die Kohlensäure zweimal bei der analysirten Luft aufgenommen wurde) hier nicht begangen ist und auch nicht begangen werden konnte, weil die Kohlensäure und der Sauerstoff beide bei einer einzigen Analyse bestimmt wurden. Die Berechnung des absorbirten Sauerstoffes und der ausgehauchten Kohlensäure aus den unmittelbaren Resultaten der Analyse ist aber auch hier wieder unrichtig. In folgender Tabelle habe ich dieselben, nach der oben von mir angegebenen Berechnungsweise, unter Voraussetzung eines constanten Stickstoffgehaltes, zusammengestellt.

---

1) Jahresbericht über die Fortschr. vom Jahre 1845. Bd. I. S. 208.

Nro. des Versuchs.	Individuen.	In Cubikcentimetern ausgedrückte Menge				Auf 79,185 Stickstoff-Volumina.		c. Absorbirter Sauerstoff (=20,815-b).	d. Verh. d. abs. Sauerst. zur ausgeh. Kohl. (= c : a). —
		der Kohlensäure.	des Sauerstoffes.	des Stickstoffes.	der unters. Luft.	a. Kohlensäure.	b. Sauerstoff.		
1	Valentin.	46,986	197,187	960,632	1204,805	3,873	16,254	4,561	1,1775
2	„	40,914	201,092	960,632	1202,638	3,373	16,576	4,239	1,2569
3	„	44,686	197,916	960,632	1203,234	3,683	16,314	4,501	1,2219
4	Anatmdr. Baumann.	47,519	191,390	960,632	1199,541	3,917	15,776	5,039	1,2864
5	Stud. Bridel.	57,449	180,580	960,632	1198,661	4,736	14,885	5,930	1,2522
6	Stud. Mordwyler.	56,768	182,258	962,668	1201,694	4,669	14,991	5,624	1,2045
7	Stud. A. Lindl.	56,648	180,921	960,632	1198,201	4,669	14,913	5,902	1,2639
8	Stud. Schäner.	56,975	184,244	960,632	1201,851	4,696	15,187	5,628	1,1983
9	Stud. Spycher.	47,271	193,030	960,632	1200,933	3,897	15,911	4,904	1,2584
10	Stud. Cornaz.	48,387	197,719	960,632	1206,738	3,988	16,298	4,517	1,1325
11	„	41,390	204,890	960,632	1206,912	3,412	16,890	3,925	1,1504
12	Stud. Jaggi.	54,710	186,640	960,632	1201,982	4,510	15,384	5,431	1,2043
13	Stud. Tobler.	48,942	200,214	960,632	1201,794	3,454	16,503	4,312	1,2484
Mittel									1,2197

Ein Paar Bemerkungen muss ich dieser Tabelle hinzufügen. Ich habe mich möglichst zu überzeugen gesucht, dass diese Tabelle vollkommen auf gleiche Weise aus den Analysen berechnet wurde, wie die vorige. Indessen sind die Endresultate (in der ersten Tabelle fand ich 1 : 10489 in dieser 1 : 1,2197) des Verhältnisses der ausgehauchten Kohlensäure zum absorbirten Sauerstoff so abweichend, dass ich es nicht wage, so viel Verschiedenheit als wahrscheinlich zu betrachten. Ich enthalte mich also in dieser Hinsicht einer entschiedenen Behauptung, indem ich erwarten darf, dass *Valentin* selbst das Räthsel lösen werde. Eine zweite Bemerkung gilt der Tabelle *Valentin's*. Man sieht in der letzten Rubrik, wie weit die Zahlen auseinander liegen, und wie inconstant also das Verhältniss des absorbirten Sauerstoffes zur ausgehauchten Kohlensäure bei verschiedenen Individuen ist. Legt man *Valentin's* Berechnungsweise durchaus zu Grunde, so findet man dieselbe Inconstanz. *Valentin* hat es aber unterlassen, eine Rubrik, die das gefragte Verhältniss ausdrückt, in seine Tabellen aufzunehmen. Sonst würde man z. B. in dieser letzteren Tabelle nach *Valentin's* Berechnungsweise gefunden haben, dass für den Studenten *Cornaz* das Verhältniss = 1 : 1,1136 für den Anatomiediener *Baumann* = 1 : 1,2667 sei.

Auch v. *Erlach's* Versuche über die Perspiration einiger mit Lungen athmender Wirbelthiere liefern dem Diffusionsgesetz keine bessere Stütze.

Nach jener umständlichen Erörterung der *Valentin*'schen Versuche scheint es mir hinreichend, dies in der Kürze nachzuweisen. v. *Erlach* hat den Sauerstoff und die Kohlensäure bei einer Analyse bestimmt und die Zusammensetzung der ausgeathmeten Luft hieraus richtig berechnet. Zur Bestimmung der Veränderungen, welche die Luft erlitt, giebt er zwei verschiedene Berechnungsweisen an. Bei der ersten berechnete er die procentische Zusammensetzung der ausgehauchten Luft, und vergleicht den Unterschied zwischen 20,815 Pct. und den gefundenen Pct. Sauerstoff mit den gefundenen Prct. Kohlensäure („Procentische Werthe durch unmittelbare Berechnung"). Bei der zweiten berechnet er die Proc. Kohlensäure und Sauerstoff in der eingeathmeten Luft, welche er aus dem Stickstoffgehalt der

ausgeathmeten Luft abgeleitet. Diese Berechnungsweise ist, beiläufig bemerkt, eine ganz andere als die zweite *Valentin's* und *Brunner's*. Sie könnte weniger ausführlich sein; denn eben so gut liesse sich von dem gefundenen Stikstoffgehalte ausgehen und die Sauerstoff- und Kohlensäure-Volumina bei 79,815 Stickstoff bestimmen, wobei man zu gleichen Resultaten gelangte.

Ich habe hierbei jedoch einzuwenden, dass man bei dieser zweiten Berechnungsweise die Menge Stickstoff constant auf 79,815 festsetzen muss, und dass man keinesweges berechtigt ist, die Prct. Stickstoff um so viel zu erhöhen, dass sie mit den berechneten Procenten O und CO^2 100 ausmachen. Was mit 79,185 an 100 fehlt, muss als Verminderung des Luftvolumens und nicht als Stickstoff betrachtet werden. So berechnet v. *Erlach* in seinem ersten Versuche S. 25, bei der zweiten Berechnungsweise

$CO^2 = 5{,}268$
$O = 12{,}667$
$N = 82{,}065$
$100{,}000$

Lies:

$CO^2 = 5{,}268$
$O = 12{,}667$
$N = 79{,}185$
Verminderung des Luftvolumens $= 2{,}880$
$100{,}000.$

Uebrigens erhellt hieraus, dass die zweite Berechnungsweise für die Kohlensäure und den Sauerstoff das richtige Resultat giebt.

Und welches Urtheil fällt v. *Erlach* selbst über seine beiden Berechnungsweisen. S. 78 lesen wir: „Man sieht hieraus" (aus einer angeführten Tabelle) „dass sowohl Maximum als Minimum, daher auch das Medium der Abweichungen für die durch unmittelbare Berechnung (1. Berechnungsart) erhaltenen Werthe kleiner sind, als die für die ursprünglichen Luftvolumina (2. Berechnungsart) gefundenen. Es folgt daraus, dass jene Berechnungsart die richtigere ist." Er verwirft also seine richtige Berechnungsart als unrichtig, indem er in dieselbe Petitio Principii verfällt, wie *Valentin* und *Brunner*. Uebrigens hat man viele grössere Abweichungen durch

besondere Störungen zu erklären, um die Resultate dieses Versuches selbst bei der ersteren unrichtigen Berechnungsart auch nur einigermassen als dem Diffusionsgesetze entsprechend zu betrachten. Und wollte man in jedem Versuche das Verhältniss des absorbirten Sauerstoffes zur ausgehauchten Kohlensäure ausdrücken, so würde man gewiss auf die grösste Inconstanz stossen. Ueberdies kann ich v. *Erlach* nicht beipflichten, dass für Pflanzenfresser und Fleischfresser aus seinen Versuchen vollkommen dasselbe Resultat hervorgeht. Vergleicht man das bei Hunden und Katzen gefundene Verhältniss mit dem bei Tauben gefundenen, so kann man den Unterschied nicht läugnen, wenn man denselben auch anders erklären will.

Ich glaube mit diesen Bemerkungen über von *Erlach*'s Versuche schliessen zu können, da sie nach gründlichem, unbefangenem Urtheile Sachverständiger gewiss keinen Anspruch auf die Bestätigung der Anwendung des Diffusionsgesetzes machen können, und eben diese Versuche sogar erwiesen haben, dass bei Ueberschuss von Kohlensäure in der Einathmungsluft das Diffusionsgesetz keine Anwendung findet.

Als oberstes Gesetz geht aus *Vierordt*'s Untersuchungen hervor: „Die Ausscheidung von Kohlensäure aus dem Blut in „die Lungen ist um so stärker, je geringer der Koh„lensäuregehalt der in den Lungen befindlichen Luft „ist". Damit hat er gewiss, *Dalton's* Gesetze gemäss, eine Wahrheit ausgesprochen. Die andere ist: Die Ausscheidung von Kohlensäure ist um so stärker, je mehr Kohlensäure das Blut enthält; die Stelle des aus dem Blute verschwindenden Sauerstoffes vertritt eine von den Ernährungsverhältnissen abhängige Menge Kohlensäure, und das Verhältniss des absorbirten Sauerstoffes zur ausgehauchten Kohlensäure wird also durch die Ernährungsverhältnisse bedingt.

II.

Von den Ernährungsfunctionen bei den Insecten,

von

Dr. *M. C. Verloren.*

I. Ueber die Circulation.

(Fortsetzung von Bd. I, Heft 2. S. 251.)

Nachdem wir früher historisch gezeigt haben, wie sich unsere Kenntniss der Circulation der Insecten bis auf den heutigen Standpunkt entwickelt hat, müssen wir jetzt dem schon mehrfach erwähnten *Cuvier*'schen Ausspruch noch einige Aufmerksamkeit widmen, da dieser immer einen grossen Einfluss auf die Lehre von der Circulation dieser Thiere ausgeübt hat und noch ausübt; so zwar, dass z. B. *Léon-Dufour*, unter dem Schutze jenes Ausspruchs, jede Erscheinung der Circulation bei den Insecten gänzlich läugnen zu dürfen glaubt, und vorgiebt mit dieser Behauptung die Ehre *Cuvier's* zu handhaben: „Hommage „éclatant, hommage éternel à notre grand *Cuvier*! à une époque déjà „si éloignée de nous (il y a plus de quarante ans), il avait par une „inspiration, qui n'appartient qu'au génie, établi à l'occasion des „insectes, cette loi fondamentale de physiologie, que l'existence d'un „appareil vasculaire aérifère exclut celle d'un appareil vasculaire